

T S1/5/1

1/5/1

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI

(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

014533887 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 2002-354590/200239

XRPX Acc No: N02-278637

**Illumination device for exposure system, has filter optical system which removes zero-order diffracted light**

Patent Assignee: CANON KK (CANO )

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 2001284237	A	20011012	JP 200099074	A	20000331	200239 B

Priority Applications (No Type Date): JP 200099074 A 20000331

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 2001284237	A		10	H01L-021/027	

Abstract (Basic): JP 2001284237 A

NOVELTY - A filter optical system (16) is provided to remove zero-order diffracted light from diffraction element.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for exposure system.

USE - For exposure system (claimed) used in IC, LSI, CCD, liquid crystal panel and magnetic head manufacturing apparatus.

ADVANTAGE - Improves illumination efficiency, since illuminance distribution is equalized.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a schematic diagram of the principal portion of illumination device.

Filter optical system (16)

pp; 10 DwgNo 1/15

Title Terms: ILLUMINATE; DEVICE; EXPOSE; SYSTEM; FILTER; OPTICAL; SYSTEM; REMOVE; ZERO; ORDER; DIFFRACTED; LIGHT

Derwent Class: P81; P84; U11

International Patent Class (Main): H01L-021/027

International Patent Class (Additional): G02B-019/00; G03F-007/22

File Segment: EPI; EngPI

?

(19)日本国特許庁（J P）

(12) 公 開 特 許 公 報（A）

(11)特許出願公開番号  
特開2001－284237  
（P2001－284237A）

(43)公開日 平成13年10月12日(2001. 10. 12)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 2 B 19/00	2 H 0 5 2
G 0 2 B 19/00		G 0 3 F 7/22	H 5 F 0 4 6
G 0 3 F 7/22		H 0 1 L 21/30	5 2 7
			5 1 5 D

審査請求 未請求 請求項の数10 O L （全 10 頁）

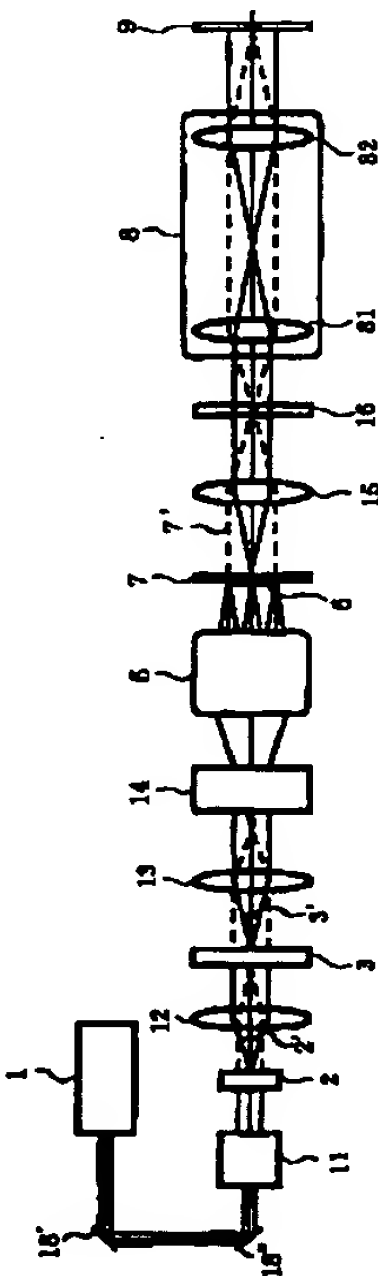
(21)出願番号 特願2000－99074(P2000－99074)  
  
(22)出願日 平成12年 3 月31日(2000. 3. 31)

(71)出願人 000001007  
キヤノン株式会社  
東京都大田区下丸子 3 丁目30番 2 号  
(72)発明者 辻 俊彦  
東京都大田区下丸子 3 丁目30番 2 号 キヤ  
ノン株式会社内  
(74)代理人 100086818  
弁理士 高梨 幸雄  
F タ-ム(参考) 2H052 BA02 BA09 BA12  
5F046 BA03 CA07 CB01 CB05 CB08  
CB10 CB12 CB13 CB23

(54)【発明の名称】 照明装置及びそれを用いた露光装置

(57)【要約】

【課題】被照射面を照明光束の有効利用を図りつつ、均一に照明することができ、半導体デバイスの製造に好適な照明装置及びそれを用いた露光装置を得ること。  
【解決手段】光源からの光を用いて複数の2次光源を形成する多光束発生手段と、該多光束発生手段によって形成された各2次光源からの光を被照射面上で重畳させる照射手段とを有する照明装置であって、前記多光束発生手段は回折光学素子を備え、該回折光学素子で回折された回折光のうち0次回折光の少なくとも一部を除去するためのフィルター手段を設けたこと。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源からの光を用いて複数の2次光源を形成する多光束発生手段と、該多光束発生手段によって形成された各2次光源からの光を被照射面上で重畳させる照射手段とを有する照明装置であって、前記多光束発生手段は回折光学素子を備え、該回折光学素子で回折された回折光のうち0次回折光の少なくとも一部を除去するためのフィルター手段を設けたことを特徴とする照明装置。

【請求項2】 前記フィルター手段は前記回折光学素子のフーリエ変換面又はその近傍に設けたことを特徴とする請求項1の照明装置。

【請求項3】 前記多光束発生手段は、アレイ状に配列された複数の微小な回折レンズを備えることを特徴とする請求項2記載の照明装置。

【請求項4】 前記複数の微小な回折レンズの各回折レンズの集光点が各回折レンズの光軸に対して偏心しており、各回折レンズで回折される0次回折光は前記フィルター手段の遮光部で遮光されることを特徴とする請求項3記載の照明装置。

【請求項5】 前記多光束発生手段の入射面で所望の光強度分布の光を形成するための光束制御手段を有することを特徴とする請求項1乃至4いずれか1項記載の照明装置。

【請求項6】 光源からの光を一定の発散角度で射出する射出角度保存手段と、前記多光束発生手段の入射面で所望の光強度分布の光を形成するための回折光学素子よりなる光束制御手段を有し、前記光束制御手段が前記射出角度保存手段からの光束が集光する位置もしくはその近傍に設けられていることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項の照明装置。

【請求項7】 前記多光束発生手段の入射面と光学的に共役な位置に形成された光強度分布を多光束発生手段の入射面に所望の倍率で投影するズーム光学系を有することを特徴とする請求項5又は6記載の照明装置。

【請求項8】 請求項1乃至7いずれか1項記載の照明装置を有し、該照明装置によって前記被照射面としてのマスク面を照明することを特徴とする露光装置。

【請求項9】 前記マスク面上のパターンを感光基板に投影する投影光学系を有することを特徴とする請求項8記載の露光装置。

【請求項10】 ウエハに感光材を塗布する工程と、マスク面上のパターンを請求項8又は9記載の露光装置を用いてウエハ面上に露光転写する工程と、露光転写されたパターンを現像する工程とを有することを特徴とするデバイスの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は照明装置及びそれを用いた露光装置に関し、例えばIC、LSI、CCD、

液晶パネル、磁気ヘッド等の各種のデバイスの製造装置である、所謂ステッパーにおいて、照明装置からの真空紫外域の露光光で均一照明したフォトマスクやレチクル等の原版（以下「レチクル」という）上の回路パターンを感光剤を塗布したウエハ面上に投影転写し、デバイスを製造する際に好適なものである。

## 【0002】

【従来の技術】半導体素子の製造用の投影露光装置では、照明系からの光束で電子回路パターンを形成したレチクルを照射し、該パターンを投影光学系でウエハ面上に投影露光している。この際、高解像力化を図る為の一要件としてウエハ面上を均一に照射することがある。

【0003】この種の投影露光装置で用いられる照明装置では、従来より照射面（レチクル面又はウエハ面）を均一に照射するための種々の方法がとられている。例えば、ステッパーと呼ばれる投影露光装置では、コリメータレンズと複数の微小レンズを所定のピッチで配列したオプティカルインテグレータとを組み合わせた照明系を用いて、被照射面を均一に照射している。

【0004】照明装置に、このようなオプティカルインテグレータを用いることにより、微小レンズの個数に相当するだけの複数の2次光源を形成し、該2次光源からの光束で被照射面を複数の方向から重畳して照明して、照度分布の均一化を図っている。

【0005】図15は従来の内面反射型インテグレータを用いた照明装置の部分的概略図である。

【0006】同図において、レーザー光源101を発したレーザー光は、レンズ系107により内面反射型インテグレータである光パイプ110の光入射面のわずか手前に一旦収束した後、発散して光パイプ110に、その内面反射面に所定の発散角度を成して入射する。

【0007】光パイプ110に入射した発散したレーザー光は光パイプ110の内面で反射しながら伝播するので、光パイプ110は光軸と垂直な平面、例えば平面113にレーザー光源101に関する虚像を複数個形成する。

【0008】光パイプ110の光射出面110'では、複数の虚像即ち見掛け上の複数の光源から恰も射出したかのように見える複数のレーザー光束が重ね合わされる。従って、光パイプ110の光射出面110'には強度分布が均一な面光源が形成される。

【0009】コンデンサレンズ105と開口絞り111とフィールドレンズ112とにより光パイプ110の光射出面110'がレチクル面106と共役関係にあるのでレチクル面106上も均一に照明されることになる。

【0010】そして、コリメータレンズ107によるレーザー光の発散角度及び光パイプ110の長さや幅を考慮して光パイプ110の形状を決定すると、各光源からレチクル面106の各点に進む個々のレーザー光の光路長差がレーザー光の有するコヒーレンス長以上になるようにす

ることができる。これより時間的コヒーレンスを低下させて、レチクル面106上でのスペックルの発生を抑えている。

#### 【0011】

【発明が解決しようとする課題】最近の超LSI等の高集積化を図った半導体素子の製造には、回路パターンの焼き付けの際に要求される照度分布の均一性に極めて高いものが要求されている。

【0012】又、露光光として真空紫外域の光を用いる露光装置では、真空紫外域において、使用できる硝材が限定されており、硝材による紫外光の吸収のために透過率が低くなり、そのような場合においては次のような問題点があった。

【0013】光パイプの射出面において均一な面光源を形成するためには、発散光束の内面反射回数が多いほどよい。そのためには径を固定して光パイプの長さを長くすれば良いが、長くすると吸収により透過率が低下してくる。このためにある程度以上の長さにすることができない。

【0014】即ち、透過率を優先すると長さ不足となり結果的に均一な面光源を得るのが難しくなってくる。

【0015】また光パイプの射出面において均一な面光源を形成するために、光パイプの長さを固定して径を細くすることで、内面反射回数を増やすことが可能である。しかしながら、この場合は光パイプの断面あたりの入射光束のエネルギー密度が増大し、硝材の耐久性が低下してくる。

【0016】即ち、硝材の耐久性を考えるとパイプ径をある程度以上細くすることはできず、結果的に均一な面光源を得ることが難しくなってくる。

【0017】本発明は、光束内の光強度分布の均一性を高め、被照射面上の照度分布の均一化を図ると共に、照明効率の向上を図った半導体素子製造装置に好適な照明装置及びそれを用いた露光装置の提供を目的とする。

【0018】この他本発明は、量子化された階段構造を有する回折光学素子を、光学系に適用し、高効率な照明を可能とし、このとき回折光学素子で、所望の回折作用を受けずに回折光学素子を通過する光束、即ち0次回折光をカットし、被照射面を均一に照明することができる半導体デバイスの製造装置に好適な照明装置及びそれを用いた露光装置の提供を目的とする。

#### 【0019】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明の照明装置は、光源からの光を用いて複数の2次光源を形成する多光束発生手段と、該多光束発生手段によって形成された各2次光源からの光を被照射面上で重畳させる照射手段とを有する照明装置であって、前記多光束発生手段は回折光学素子を備え、該回折光学素子で回折された回折光のうち0次回折光の少なくとも一部を除去するためのフィルター手段を設けたことを特徴としている。

【0020】請求項2の発明は請求項1の発明において、前記フィルター手段は前記回折光学素子のフーリエ変換面又はその近傍に設けたことを特徴としている。

【0021】請求項3の発明は請求項2の発明において、前記多光束発生手段は、アレイ状に配列された複数の微小な回折レンズを備えることを特徴としている。

【0022】請求項4の発明は請求項3の発明において、前記複数の微小な回折レンズの各回折レンズの集光点が各回折レンズの光軸に対して偏心しており、各回折レンズで回折される0次回折光は前記フィルター手段の遮光部で遮光されることを特徴としている。

【0023】請求項5の発明は請求項1から4のいずれか1項の発明において、前記多光束発生手段の入射面で所望の光強度分布の光を形成するための光束制御手段を有することを特徴としている。

【0024】請求項6の発明は請求項1から5のいずれか1項の発明において、光源からの光を一定の発散角度で射出する射出角度保存手段と、前記多光束発生手段の入射面で所望の光強度分布の光を形成するための回折光学素子よりなる光束制御手段を有し、前記光束制御手段が前記射出角度保存手段からの光束が集光する位置もしくはその近傍に設けられていることを特徴としている。

【0025】請求項7の発明は請求項5又は6の発明において、前記多光束発生手段の入射面と光学的に共役な位置に形成された光強度分布を多光束発生手段の入射面に所望の倍率で投影するズーム光学系を有することを特徴としている。

【0026】請求項8の発明の露光装置は、請求項1乃至7いずれか1項記載の照明装置を有し、該照明装置によって前記被照射面としてのマスク面を照明することを特徴としている。

【0027】請求項9の発明は請求項8の発明において、前記マスク面上のパターンを感光基板に投影する投影光学系を有することを特徴としている。

【0028】請求項10の発明のデバイスの製造方法は、ウエハに感光材を塗布する工程と、マスク面上のパターンを請求項8又は9記載の露光装置を用いてウエハ面上に露光転写する工程と、露光転写されたパターンを現像する工程とを有することを特徴としている。

#### 【0029】

【発明の実施の形態】図1は本発明の照明装置の実施形態1の要部概略図である。同図は本発明の照明装置を投影露光装置の照明光学系に適用したときを示している。

【0030】図中1は、紫外線や遠紫外線等を放射する高輝度の超高圧水銀灯やエキシマレーザ等の光源（光源手段）である。

【0031】18'、18''はミラー系である。11はレーザ光源1からの光束径を所望の形状に変換するビーム整形光学系、2、3は射出角度保存光学素子であり、



入射光束を射出角度を一定にして射出している。3は集光光学系であり、一方の射出角度保存光学素子2からの光束を集光して他方の射出角度保存光学系3に導光している。

【0032】13はリレー光学系であり、射出角度保存光学系3からの光束の分布形状を所望の形状に制御するための光束制御手段14に導光している。

【0033】5はズーム光学系であり、光束制御手段14からの所望の形状の光束を微小な回折光学素子をアレイ状に配列した多光束発生手段7の入射面に種々の倍率で投影している。

【0034】15はリレー光学系であり、多光束発生手段7からの光束を開口絞りを有するフィルタ光学系16を介して照射手段8に導光している。

【0035】照射手段8はコンデンサーレンズ81、82を含み、多光束発生手段7からの光束を集光してマスクあるいはレチクル等（以下「レチクル」という）の被照射面9を照明している。

【0036】被照射面9に配置したレチクルに描かれたパターンを投影光学系（不図示）により感光基板（ウエハ）上に縮小投影している。

【0037】次に図1に示した各要素の構成について説明する。

【0038】射出角度保存光学素子2、3は図2（A）に示すようにアパーチャ（絞り）とレンズ系22から構成している。そして入射光束が例えば光束27（光軸27a）から光束28（光軸28a）と光軸と直交する方向に微小変動して入射したとしても、それより射出される光束の射出角度29a（図1では2'）が一定となる光学性質をもっている。

【0039】また、射出角度保存光学素子2、3は図2（B）に示すように、複数の微小レンズ23より成るハエの目レンズで構成してもよく、この場合は光束の射出角度29bはハエの目レンズ23の形状により決定される。この場合も入射光束の光軸が微小変動して光束27（光軸27a）又は、光束28（光軸28a）の状態で入射したとしても、射出される光束の射出角度29b（図1では3'）が一定となっている。

【0040】尚、図2（B）のハエの目レンズを回折光学素子を用いて形成しても良い。

【0041】光束制御光学系14は、入射光束の分布形状をズーム光学系5を介して多光束発生手段7の入射面位置又はその近傍に円形や輪帯などの露光に最適な照度分布6を発生させるように、あらかじめ設計されており、図3（A）に示すように円錐プリズム31等を用いることで構成されている。また、円錐プリズムの代わりに四角錐プリズムを用い、多光束発生手段7の入射面位置に適切な開口絞りを併用することで、いわゆる四重極分布を形成することも可能である。

【0042】図3（A）に示す光束制御光学系14は、

円錐プリズムから成り、入射光束を輪帯状に変換して射出することを特徴としている。また2つの円錐プリズムを並べて配置することにより入射光束を輪帯状に射出することが可能となっている。

【0043】多光束発生手段7は複数の回折光学素子で形成された微小回折レンズより成るハエの目レンズからなり、その射出面は複数の点光源から成る光源面を形成している。

【0044】尚、本実施形態において多光束発生手段7とは複数の光学軸を有し、且つ各々の光学軸を中心として有限な面積の領域を有し、各々の領域において各々1つの光束が特定できるような光学素子をいう。

【0045】本実施形態においては上記の微小回折レンズの有限な面積を構成する形状は矩形であるとしているが、この形状を円弧とすることで、本実施形態は被照射面9上で円弧状の照明領域を形成することが可能となる。

【0046】フィルタ光学系16は回折光学素子のフーリエ変換面（物体面に対する瞳面又は瞳面に対する像面）に設けている。そしてフィルタ光学系16によって回折光学素子で回折された回折光のうち、少なくとも一部を遮光している。

【0047】フィルタ光学系16は、図4（A）に示すような構成を有し、金属板などの露光波長を遮光する様な部材で構成された遮光部分41と有限の開口領域42、および前記開口領域内に生成される光スポットをほぼ除去する機能を有する半透過フィルタ43からなる。

【0048】開口領域42は被照射面9を照明するための領域に依存して決定され、半透過フィルタ43は、例えば露光波長に対して透明な硝子基板上にCr膜等をコーティングすることで作成されるものである。

【0049】半透膜フィルタ43は、図4（B）に示すように、位置を表す横軸45と透過率を表す縦軸46に対して、透過率曲線が44で示されるような特性を持つように設計されており、この曲線は0次回折光によるスポット強度の分布特性により、これを打ち消すように設定される。

【0050】このような構成のフィルタ光学系16を介することで、後述するように光強度分布の均一化に悪影響を与える0次回折光成分のみを効果的に除去している。

【0051】次に本実施形態の照明装置の光学的作用について説明する。

【0052】レーザ光源1から射出された光束は、ミラー系18'、18''や不図示のリレーレンズから成る光束引き回し光学系を経て、シリンダリカルレンズやミラー等で構成されるビーム整形光学系11に入射される。そしてビーム断面を所望の形状に整形された光束は、射出角度保存光学素子2に入射される。

【0053】次に射出角度保存光学素子2から所望の射

出角度 $2'$ で射出された光束は、集光光学系12により集光されて、さらに射出角度保存光学素子3に導入される。この時、射出角度保存光学素子2の射出面と射出角度保存光学素子3の入射面は、集光光学系12により互いにフーリエ変換面の関係となっており、射出角度 $2'$ が固定されていることから、レーザ光源1からの光束の光軸が変動したとしても、射出角度保存光学素子3の入射面に入射する光束の分布は面内で常に同じ位置に固定される。

【0054】そして射出角度保存光学素子3はすでに説明した射出角度保存光学素子2と同様の機能を有しており、射出される光束の射出角度 $3'$ は一定である。この射出角度保存光学素子3から所望の射出角度 $3'$ で射出された光束は、リレー光学系13により集光されて光束制御光学系14に導入される。

【0055】光束制御光学系14では例えば輪帯状の光束として射出している。

【0056】このように光束制御光学系14で輪帯状に変換された光束は、ズーム光学系5により所望の大きさの輪帯照明領域に変換されて、多光束発生手段7の入射面に照明領域6として集光される。

【0057】多光束発生手段7は微小な回折レンズを複数個アレイ状に配列することで構成されており、複数個に分割された各回折レンズからの光束はリレー光学系15を介して、フィルタ光学系16上に重畳されて入射する。フィルタ光学系16上は均一照明されている。この多光束発生手段7を構成する回折光学素子の微小回折レンズは、例えばフレネルレンズであり、バイナリオプティクスと呼ばれる量子化された階段構造を有する。

【0058】バイナリオプティクス等の回折光学素子では入射光束に対して、回折作用を受けずにそのまま射出していく0次回折光がわずかながら存在し、それはリレー光学系15を介してフィルタ光学系16の光軸中心に集光することになる(図1の7'で示される点線がフィルタ光学系16の中心に集光していることを意味している)。

【0059】このように0次回折光が存在すると、照射手段8を介して、被照射面9の中心に集光することとなり、被照射面9を均一な照度で照明するにあたっては好ましくない。

【0060】そこで、本実施形態においてはフィルタ光学系16を用いて前記の0次回折光を除去している。

【0061】フィルタ光学系16で0次光回折成分を除去した光束は照射手段8により集光されて被照射面9を均一に照明している。

【0062】被照射面9は多光束発生手段7の射出面に形成された複数の光源からの光束で重畳照明される。これによって被照射面9を均一に照明している。

【0063】次に、本実施形態における多光束発生手段7とフィルタ光学系16について、効果的に0次回折光

を除去する他の方法について述べる。図5(A)、

(B)は図1における多光束発生手段7から被照射面9にかけての部分抜き出したものであり、それぞれ上面図と側面図を示している。

【0064】同図において多光束発生手段7を回折光学素子による微小回折レンズアレイとして設計するとき、個々のレンズの集光点をわずかに一方向にだけ光軸中心から偏心させるように、回折光学素子进行設計する。

【0065】例えば、図6(A)、(B)に示すように、多光束発生手段7を構成する回折光学素子から成る微小回折レンズ701に入射する光束を、上面から見た場合には図6(A)のように光軸上に集光するが、図6(B)に示す側面から見たときに微小な角度 $702$ だけ傾けた光束が入射するような配置とし、このとき焦点位置703が所望の焦点位置になるように微小回折レンズ701を回折光学素子として設計する。

【0066】このような構成の場合、回折レンズ701に入射した光束の0次回折光は光束502として入射光束と同じ方向に射出される。従ってこの0次回折光は、図5(B)に示すように、リレー光学系15を介して開口絞り501(これはフィルタ光学系16の実施形態を示す)上の遮光部分に光スポット503を形成し、この開口絞り501により遮光される。

【0067】図7はこの様子を開口絞り501の正面から見た場合の概略図である。多光束発生手段7に入射する光束に広がりがある場合、光スポット503はボケた状態となりその径が大きくなるが、そのボケ量を考慮して図6(B)の角度 $702$ を最適な値とすることで、0次回折光を効果的に除去することが可能である。

【0068】本実施形態では以上により、0次回折光を除去された光束のみが、コンデンサーレンズ系81、82からなる照射手段8により集光されて、被照射面9を均一な照度で照明することが可能としている。

【0069】図8は本発明の半導体デバイス製造用の投影露光装置の照明光学系に好適な本発明の照明装置の実施形態2の要部概略図である。同図において図1で示した要素と同一要素には同符番を付している。

【0070】本実施形態は、光束制御光学系14として、回折光学素子(計算機ホログラム)を用いた場合の要部概略図を示している。図1と同じ番号のものについては説明を省略する。同図において201は回折光学素子、202はリレー光学系、203はアパーチャ、204はズーム光学系である。

【0071】回折光学素子201は、例えば、射出角度保存光学系3からの入射光束をリレー光学系202を介してアパーチャ203の位置に円形や輪帯あるいは四重極などの所望の照度分布を発生させるように、あらかじめ設計された計算機ホログラムであり、振幅分布型のホログラムや位相分布型のホログラムまたはキノフォームなどを用いている。

【0072】レーザ光源1から射出された光束は、ミラー18'や18"あるいは不図示のリレーレンズから成る光束引き回し光学系を経て、ビーム整形光学系11に入射される。このビーム整形光学系11は、複数のシリンドリカルレンズまたは、ビームエクスパンダにより構成されており、光束断面形状の縦横比率を所望の値に変換することができるものである。

【0073】そしてビーム整形光学系11により整形された光束は、射出角度保存光学素子2に入射される。

【0074】次に射出角度保存光学素子2から所望の射出角度2'で射出された光束は、集光光学系12により集光されて、さらに射出角度保存光学素子3に導入される。この時、射出角度保存光学素子2の射出面と射出角度保存光学素子3の入射面は、集光光学系12により互いにフーリエ変換面の関係となっており、射出角度2'が固定されていることから、レーザ光源1からの光束の光軸が変動したとしても、射出角度保存光学素子3の入射面に入射する光束の分布は面内で常に同じ位置に固定される。

【0075】そして射出角度保存光学素子3はすでに説明した射出角度保存光学素子2と同様の機能を有しており、射出される光束の射出角度は一定である。この射出角度保存光学素子3から射出された光束は、回折光学素子201に直接導入される。

【0076】この時、回折光学素子201は、エキシマレーザのエネルギー集中による基板破壊を防止するために、光束の収束点206から少し外れた位置に配置される。この場合、射出角度保存光学素子3は、図2(B)で示したハエの目レンズでもよく、さらにこれを回折光学素子による微小レンズをアレイ状に配列した素子としても良い。

【0077】図9(A)、(B)は回折光学素子201の入射光の様子を説明する図である。同図において1101は石英などの基板の表面に微細な階段形状が形成されている回折光学素子面である、1102は光スポットの一つであり、射出角度保存光学素子3がハニカム構造を持つハエの目レンズアレイの場合の、一つのハエの目レンズからの光束を示している。

【0078】つまり光スポット1102が多数集まった状態を形成する光束が、回折光学素子201に入射する光束となる。このとき、図11(A)における光束の幅Dは、図8において回折光学素子201から描かれた点線が成す幅205を示している。

【0079】この時、光スポット1102の大きさは、回折光学素子201を図8における焦点位置206の近傍に配置するときの(焦点位置206との)相対距離によって変動するが、例えば図9(B)に示すように、相対距離を大きくすることによって光スポット1102のサイズを大きくとり、回折光学素子面1101上でスポットどうしが互いに重なり合う構成としてもよい。これ

により回折光学素子面1101に対して、エネルギー集中による部材の破損を防ぐことが可能である。

【0080】次に本実施形態1, 2で用いた回折光学素子4, 7, 201について図10(A), (B)図を用いて説明する。

【0081】図10に示すのは、回折光学素子として位相型の計算機ホログラム(Computer Generated Hologram, CGH)を用いた例であり、図10(B)の122に示されるような基板上の凹凸により形成される位相分布を121に示すように濃淡分布として表現してある。計算機ホログラムとは、物体光と参照光との干渉による干渉縞パターンを計算して描画装置により直接出力することで作られるホログラムのことである。再生光として所望の照度分布を得るための干渉縞形状はコンピュータによる反復計算を用いて最適化することで容易に求めることが可能である。

【0082】図10(B)は、基板上に形成された位相型CGHのある断面形状の例を模式的に示したものである。122のように断面を階段状に形成すると、その作製に半導体素子の製造技術が適用可能となり、微細なピッチも比較的容易に実現することができる。

【0083】又、本実施形態1, 2において回折光学素子201で所望の照度分布を形成しているが、所望の照度分布とは、図11(A)に示す円形照度分布や図11(B)に示す輪帯照度分布、あるいは図11(C)に示す四重極と呼ばれる照度分布など、露光に好適な分布を含む。

【0084】これらは後続するズーム光学系204により多光束発生光学系7の入射面に投影されることで、所謂半導体露光装置の照明系における変形照明手段を提供し、解像性能の向上を達成している。またこれらの異なる照度分布を形成する複数の回折光学素子を、図8において不図示のターレットなどの切り替え手段により切り替えることで、照明条件を変更することが可能である。

【0085】図8に戻り説明を続ける。上記の回折光学素子201に入射された光束は、計算された振幅変調ないしは位相変調を受けて回折し、リレー光学系202を介して、アパーチャ203の位置に分布内では強度がほぼ均一な、図11で示したような所望の照度分布4を形成する。ここで回折光学素子201とアパーチャ203の位置は、互いにフーリエ変換面の関係になるように配置されてる。

【0086】この関係により、回折光学素子201の任意の一点から発散した光は照度分布全体に寄与する。即ち、図9において光スポット1102を形成する任意の光束によって、その照射位置に関係なく図11で述べたような変形照明に好適な照度分布が、アパーチャ203の位置に形成される。そして、その照度分布をズーム光学系204により所望の倍率で多光束発生光学系7の入



射面上へ均一光源像6として投影する。

【0087】以下、実施形態1ですでに述べた手順により、多光束発生手段7の各々の微小領域からの射出光束は、フィルタ光学系16により、その0次回折光を除去されたうえで、照射手段8により被照射面9上に重畳して照射され、被照射面9上は全体的に均一な照度分布となるように照明される。

【0088】尚、本実施形態においては、多光束発生手段7の射出面の各々の微小領域からの射出光束の射出角度を、2方向で異なる角度とすることで、被照射面9上をスリット状に照明する構成とすることが可能である。また、先に述べたように、本実施形態においては上記の微小レンズの有限な面積を構成する形状は矩形であるとしているが、この形状を円弧とすることで、本実施形態は被照射面9上で円弧状の照明領域を形成することが可能である。

【0089】以上のように本発明の各実施形態によれば、射出角度保存光学素子と光束制御光学系と、回折光学素子とを含む多光束発生手段、フィルタ光学系、そして、該多光束発生手段からの光束を重ね合わせた状態で被照射面を照射する照射手段とを用いることにより、回折光学素子により構成された多光束発生手段から生じる0次回折光を除去することで、被照射面上を高効率で均一照明を行なうことができる。

【0090】又、レーザ光源に依存する光束の変動があっても被照射面への光束入射角度が安定することで、変動による露光への影響を除去することができる。

【0091】又、オプティカルパイプの代わりに硝材厚の薄い回折光学素子を用いることで、透過率の低い真空紫外領域においても高効率な照明装置を提供することができる、等の効果が得られる。

【0092】図12は本発明の照明装置を用い、半導体デバイスを製造するための露光装置に適用したときの概略図である。図12において、PLは投影光学系である。

【0093】LSは露光光源であり、超高圧水銀ランプのg線(436nm)とその近傍とからなる波長領域、またはi線(365nm)とその近傍とからなる波長領域、又はKrF、ArF、F<sub>2</sub>等のエキシマレーザーによる波長領域の光(露光光)を発光する。この露光光は、照明装置EAにより整形され、レチクルステージRS上のレチクルRを照明する。レチクルR上のパターンは、投影光学系PLにより、ウエハステージWS上のウエハWに転写される。転写されたウエハは通常のデバイス製造工程に従って処理されデバイスが製造される。

【0094】次に上記説明した露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施例を説明する。

【0095】図13は半導体デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、或は液晶パネルやCCD等)の製造のフローチャートである。

【0096】本実施例においてステップ1(回路設計)では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ2(マスク製作)では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。

【0097】一方、ステップ3(ウエハ製造)ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4(ウエハプロセス)は前行程と呼ばれ、前記用意したマスクとウエハを用いてリソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。

【0098】次のステップ5(組立)は後行程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。

【0099】ステップ6(検査)ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷(ステップ7)される。

【0100】図14は上記ステップ4のウエハプロセスの詳細なフローチャートである。まず、ステップ11(酸化)ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12(CVD)ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。

【0101】ステップ13(電極形成)ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14(イオン打込み)ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16(露光)では前記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。

【0102】ステップ17(現像)では露光したウエハを現像する。ステップ18(エッチング)では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返して行なうことによってウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0103】尚、本実施例の製造方法を用いれば、高集積度の半導体デバイスを容易に製造することができる。

【0104】

【発明の効果】本発明によれば、光束内の光強度分布の均一性を高め、被照射面上の照度分布の均一化を図ると共に、照明効率の向上を図った半導体素子製造装置に好適な照明装置及びそれを用いた露光装置を達成することができる。

【0105】この他本発明は、量子化された階段構造を有する回折光学素子を、光学系に適用し、高効率な照明を可能とし、このとき回折光学素子で、所望の回折作用を受けずに回折光学素子を通過する光束、即ち0次回折光をカットし、被照射面を均一に照明することができる半導体デバイスの製造装置に好適な照明装置及びそれを用いた露光装置を達成することができる。

【図面の簡単な説明】



【図1】本発明の照明装置の実施形態1の要部概略図

【図2】実施形態1の一部分の説明図

【図3】実施形態1の一部分の説明図

【図4】実施形態1の一部分の説明図

【図5】偏心させた多光束発生手段とフィルタ光学系の構成図

【図6】偏心させた回折光学素子からなる微小レンズを示す図

【図7】図1のフィルタ光学系の別の例を示す図

【図8】本発明の照明装置の実施形態2の要部概略図

【図9】回折光学素子に入射する光束を示す概略図

【図10】回折光学素子の例を示す図

【図11】照度分布を示す図

【図12】本発明の露光装置の要部ブロック図

【図13】本発明のデバイスの製造方法のフローチャート

【図14】本発明のデバイスの製造方法のフローチャー

ト

【図15】従来の照明装置の要部概略図

【符号の説明】

1 レーザ光源

2, 3 射出角度保存光学素子

12, 13 集光光学系

14 光束制御光学系

5 ズーム光学系

16 フィルタ光学系

7 多光束発生光学系

8 照射手段

9 被照射面

PL 投影光学系

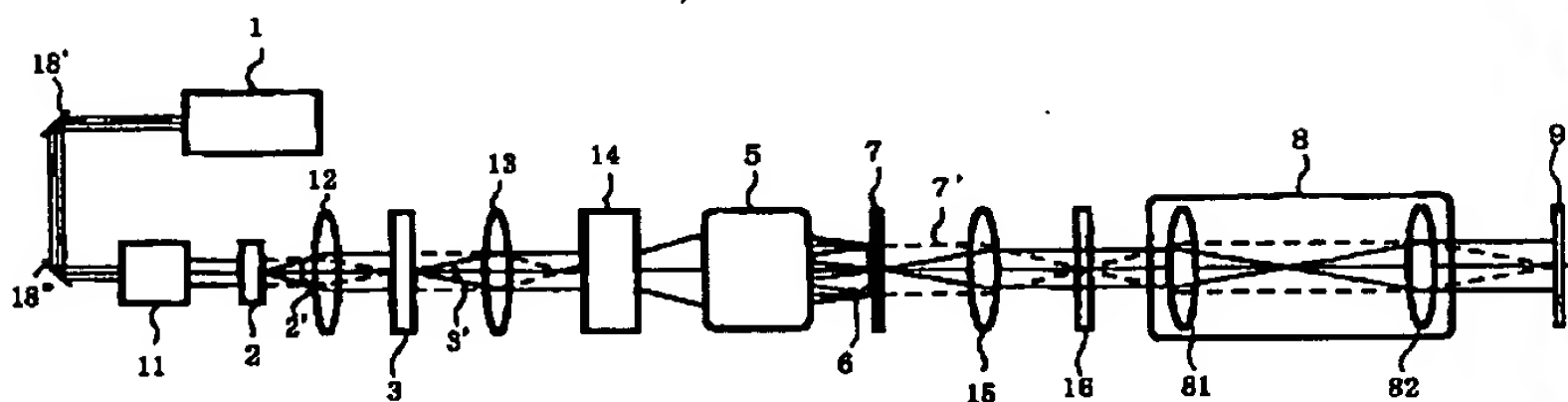
LS 露光光源

EA 照明装置

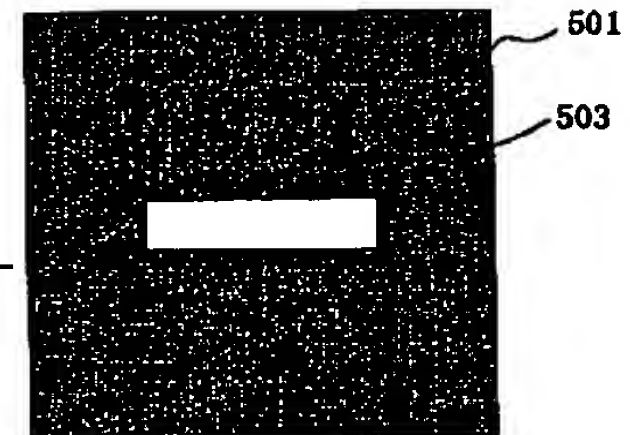
R レチクル

W ウエハ

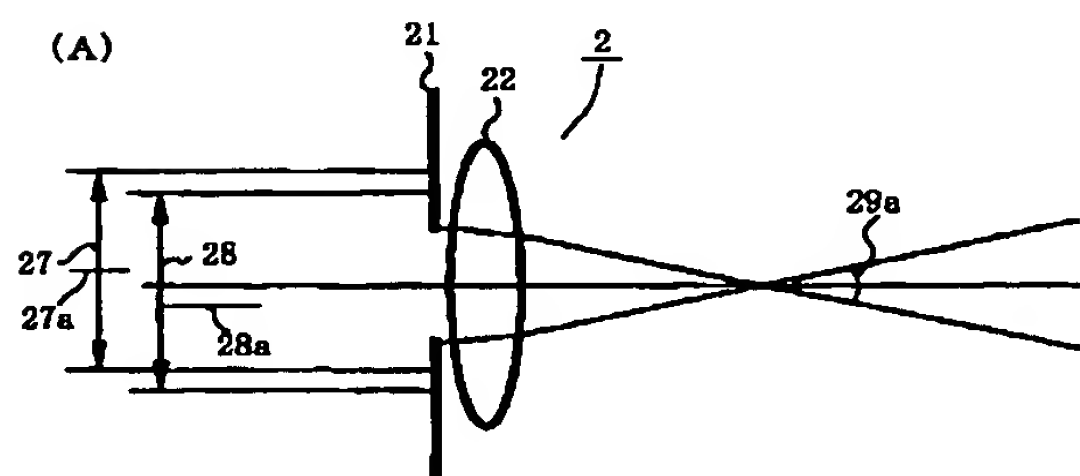
【図1】



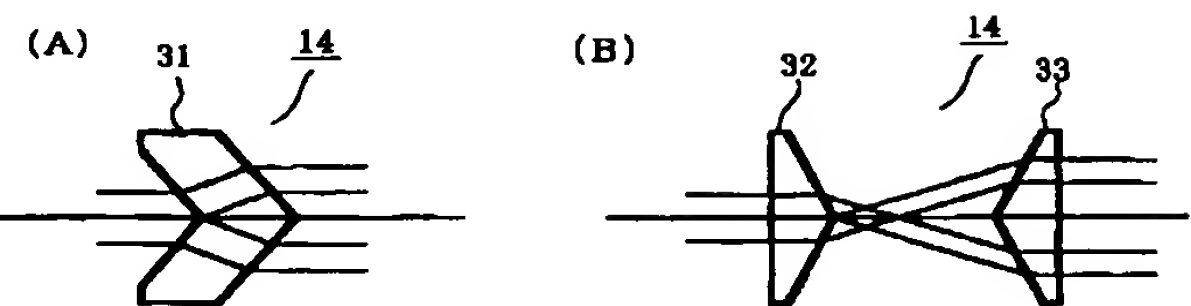
【図7】



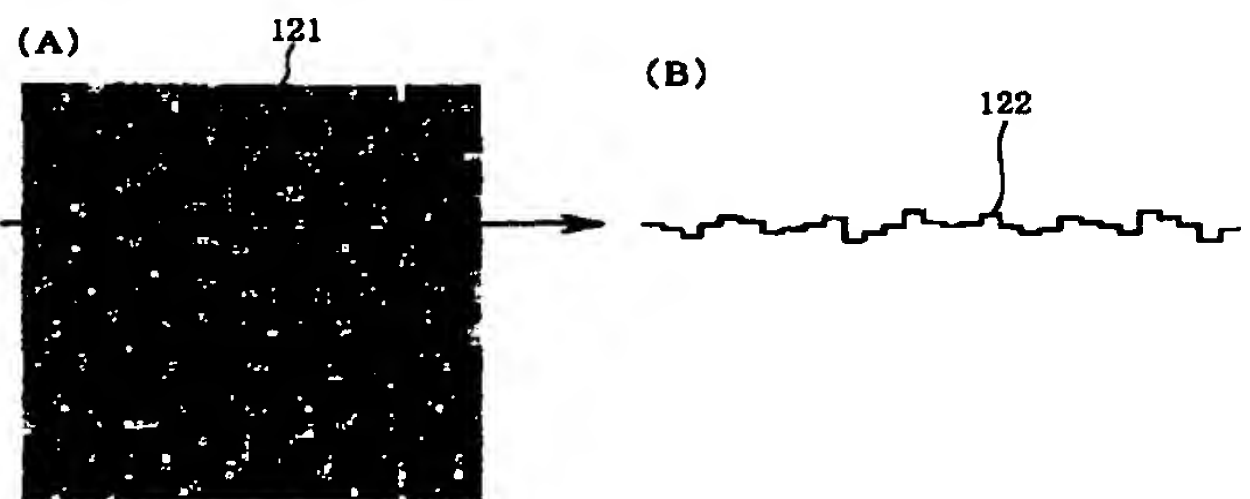
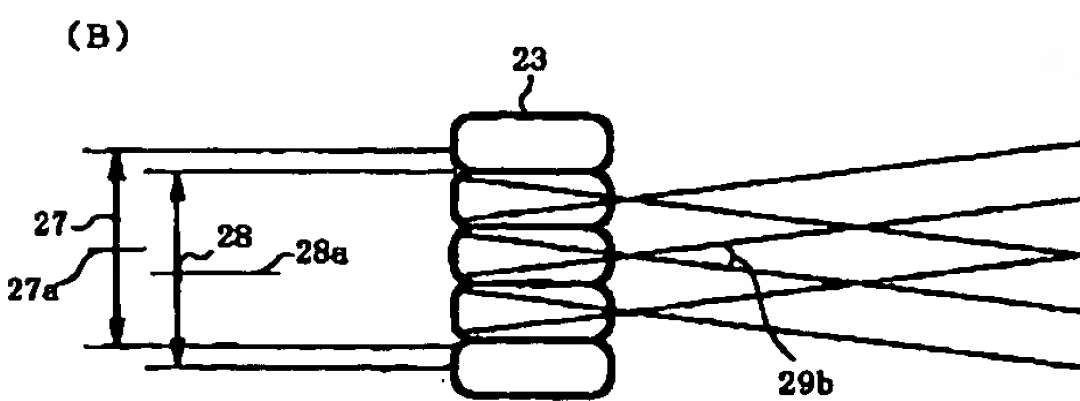
【図2】



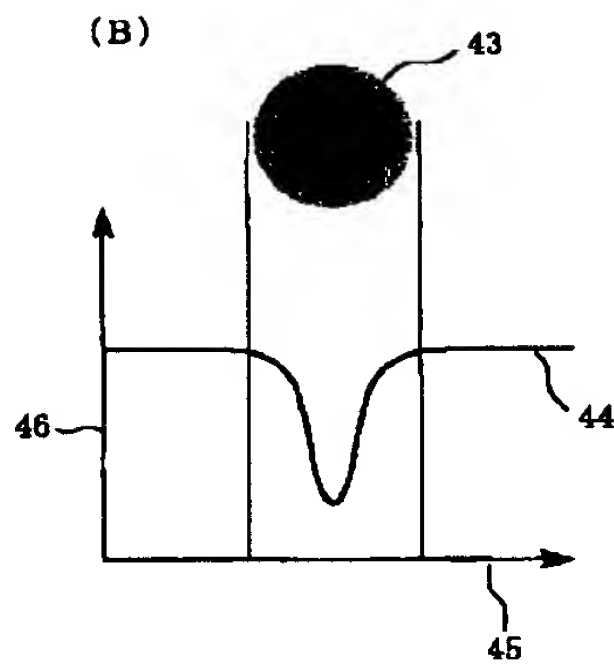
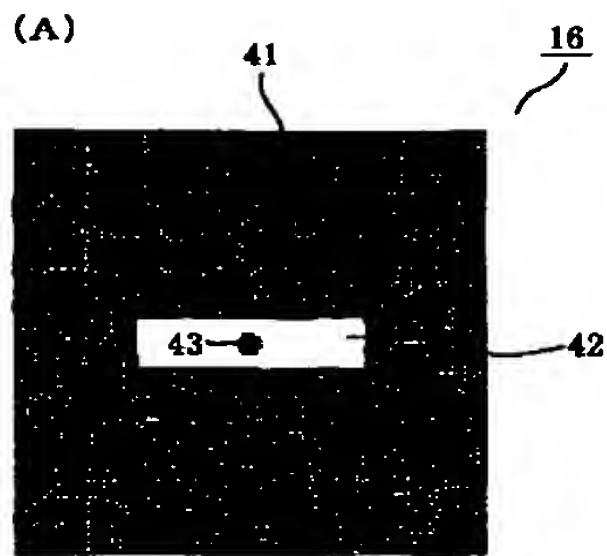
【図3】



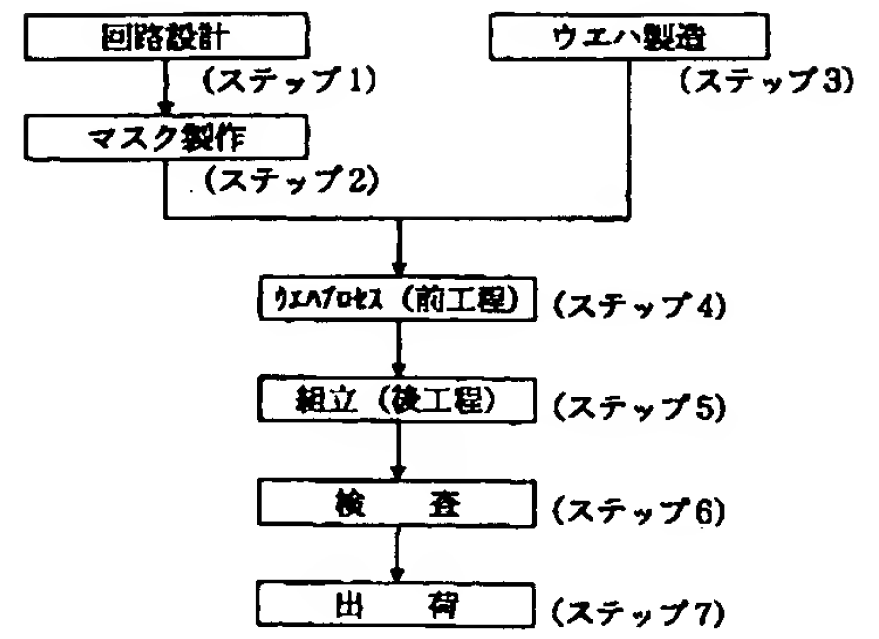
【図10】



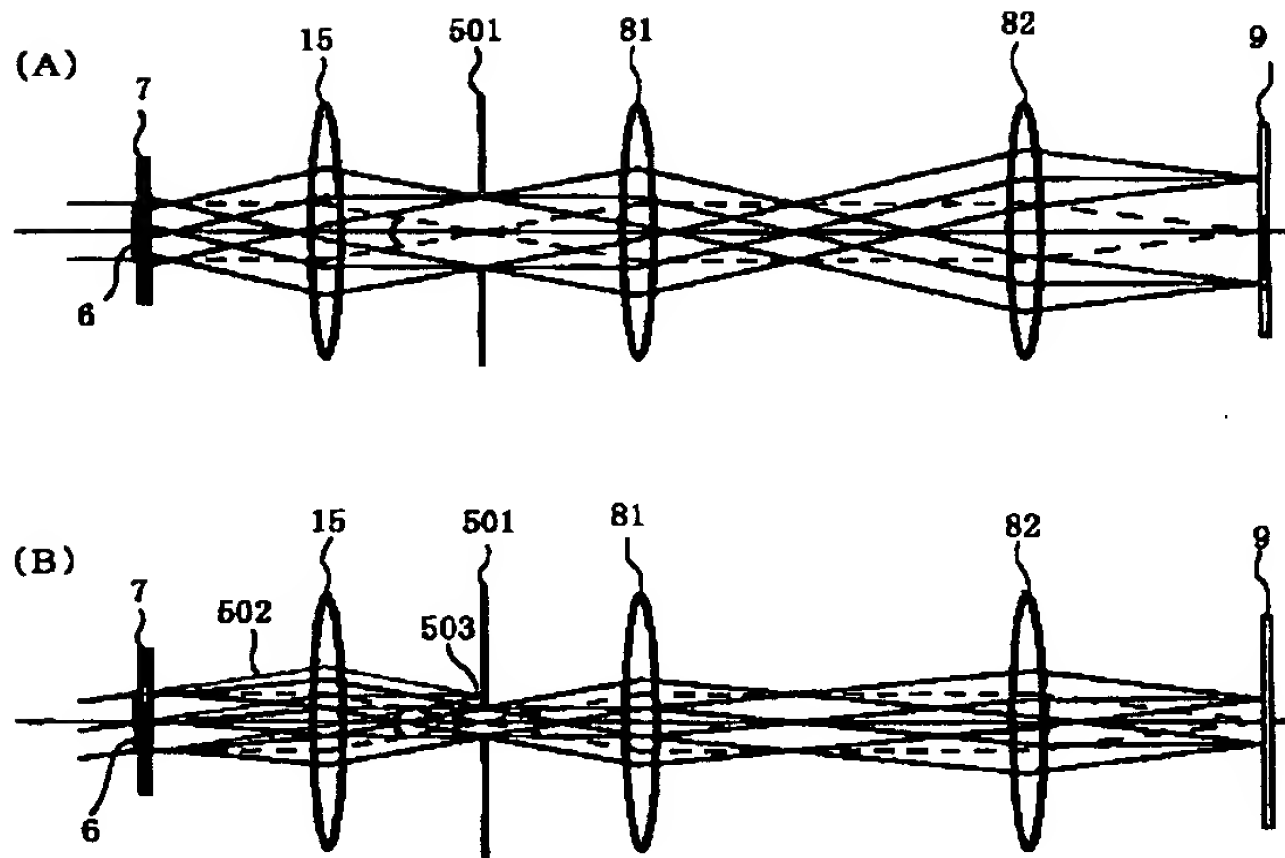
【図4】



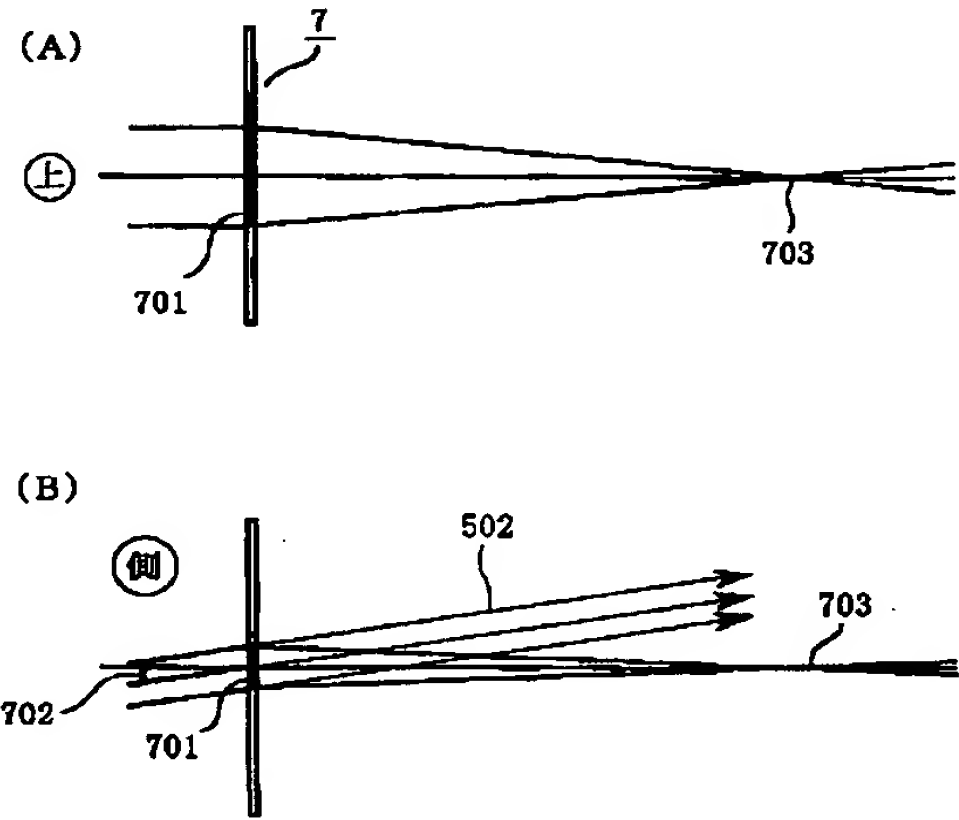
【図13】



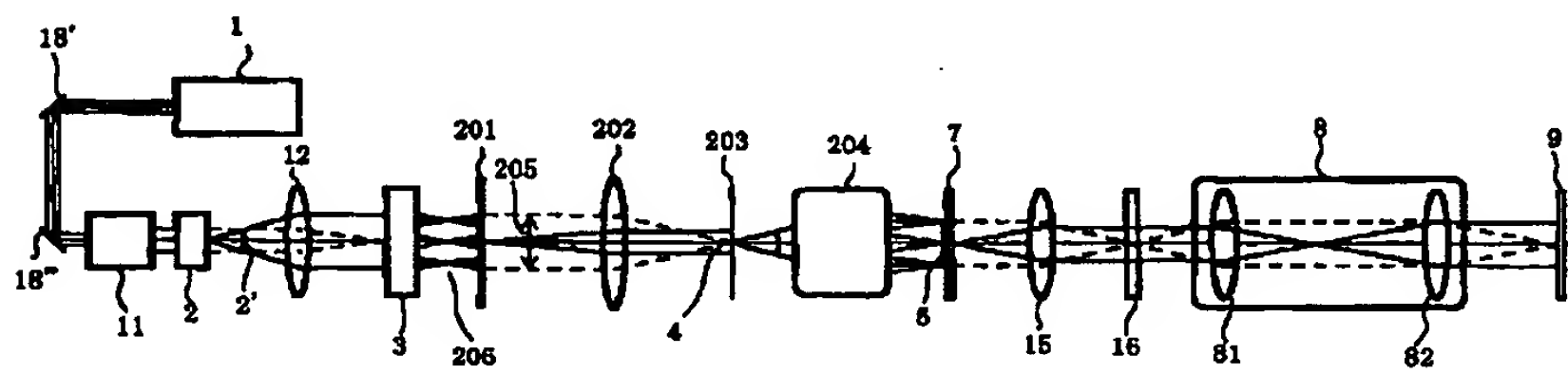
【図5】



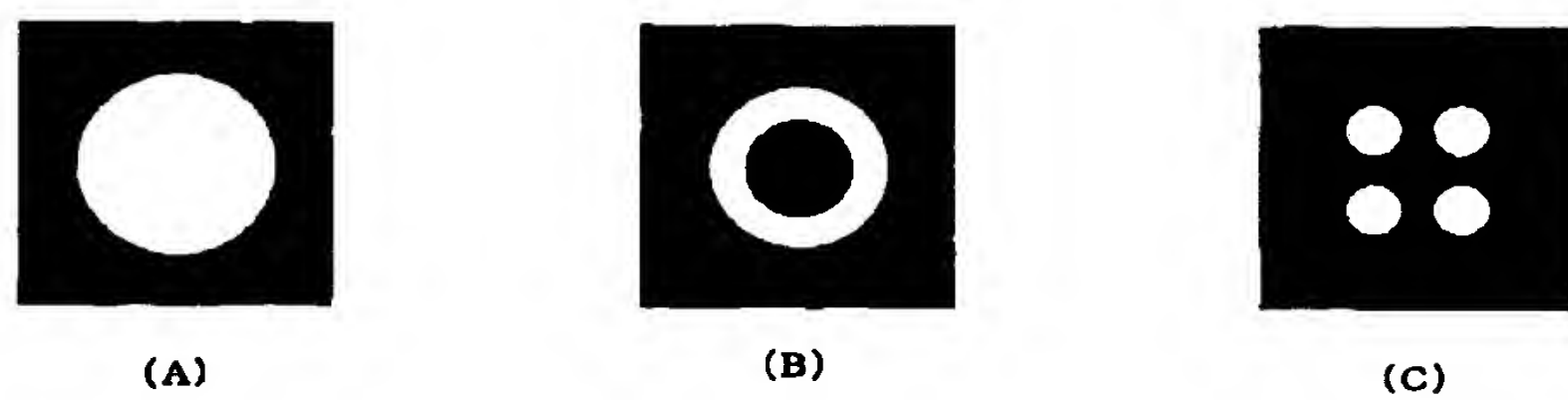
【図6】



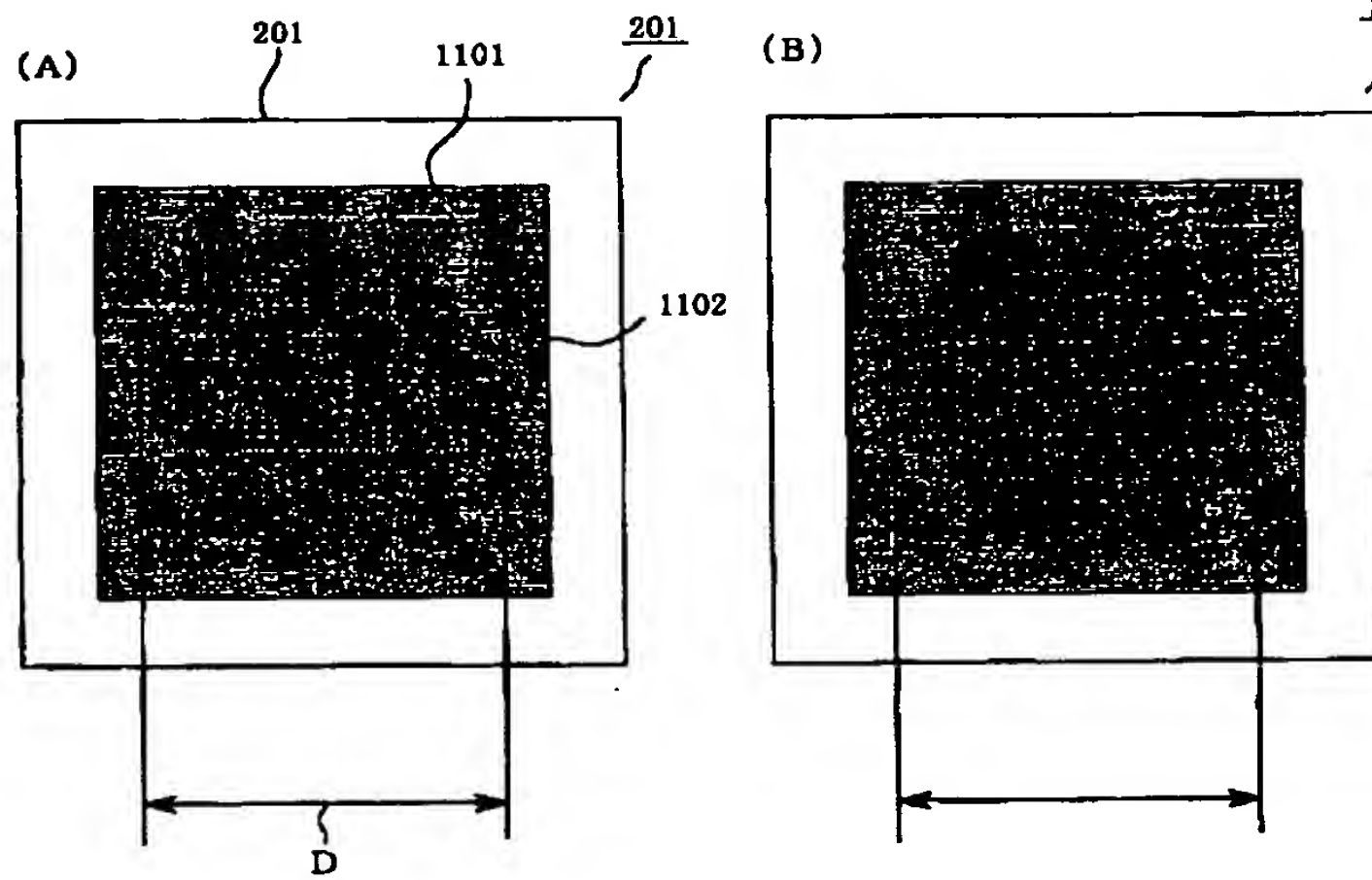
【図8】



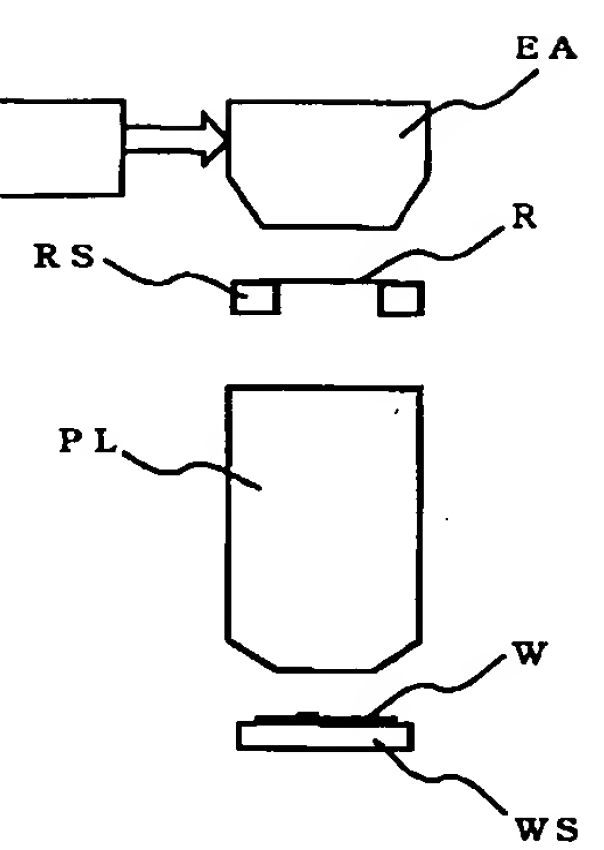
【図11】



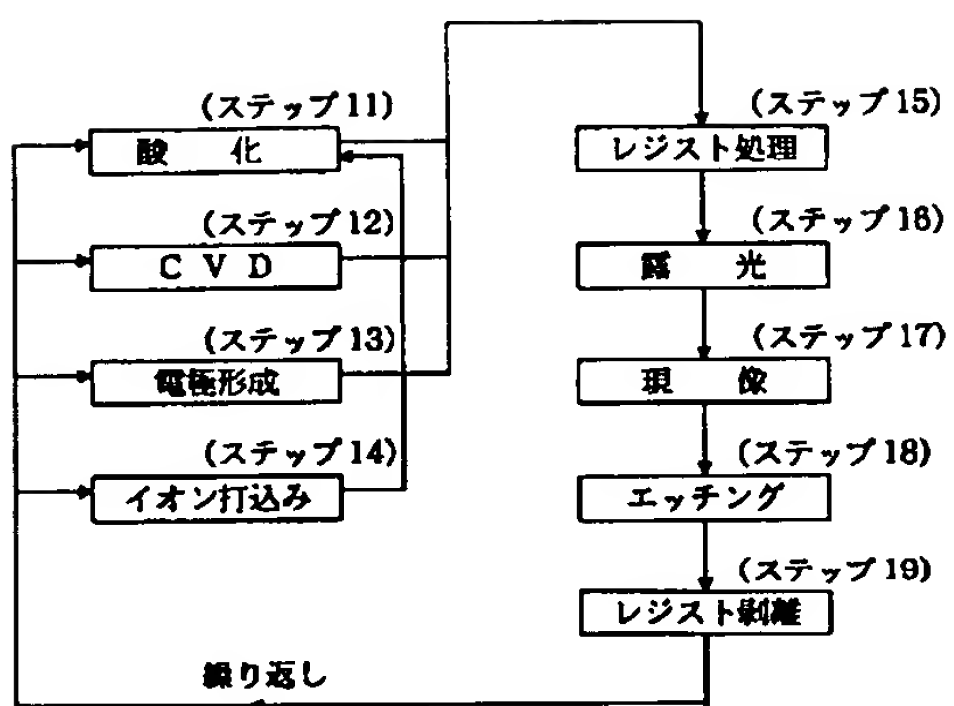
【図9】



【図12】



【図14】



【図15】

